

**Production of glass ceramic parts and/or glass parts comprises deforming a glass ceramic blank and/or a glass blank using IR radiation**

**Patent number:** DE10047576  
**Publication date:** 2002-04-18  
**Inventor:** LATTERMANN BIRGIT (DE); HOPPE BERND (DE); HAHN GERHARD (DE); HOCHHAUS ROLAND (DE)  
**Applicant:** SCHOTT GLAS (DE)  
**Classification:**  
- **international:** C03B23/00; C03B32/00  
- **european:** C03B23/03, C03B23/025B, C03B23/035B, C03B29/02B  
**Application number:** DE20001047576 20000922  
**Priority number(s):** DE20001047576 20000922

**Abstract of DE10047576**

Production of glass ceramic parts and/or glass parts comprises deforming a glass ceramic blank and/or a glass blank using IR radiation. The blank is decorated before being irradiated. An Independent claim is also included for a device for carrying out the process comprising a device for applying a decoration to the blank, an IR radiation hollow chamber with walls, a floor and a roof which reflect and/or scatter IR radiation; and one or more IR radiators. Preferred Features: The IR radiation is short wave radiation having a wavelength of less than 2.7 microns m. The deformation is carried out together with the ceramization of a glass ceramic blank.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 47 576 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**C 03 B 23/00**  
C 03 B 32/00

②① Aktenzeichen: 100 47 576.0  
②② Anmeldetag: 22. 9. 2000  
④③ Offenlegungstag: 18. 4. 2002

**DE 100 47 576 A 1**

⑦① Anmelder:  
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

⑦④ Vertreter:  
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

⑦② Erfinder:  
Hahn, Gerhard, 55595 Allenfeld, DE; Hochhaus,  
Roland, 55126 Mainz, DE; Hoppe, Bernd, 55218  
Ingelheim, DE; Lattermann, Birgit, 64560 Riedstadt,  
DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 42 01 275 C1  
DE 199 38 811 A1  
DE 199 38 807 A1  
DE 299 05 385 U1  
US 47 89 771  
EP 01 33 847 A2  
WO 97 00 407 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Formgebung von Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen mittels Verformung aus einem Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren unter Einsatz von IR-Strahlung durchgeführt wird und daß der Glaskeramikrohling und/oder der Glasrohling vor dem IR-Bestrahlen dekoriert wird.

**DE 100 47 576 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen mittels Verformung aus einem Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Die Formgebung von Glaskeramiken, insbesondere die 3D-Formgebung erfolgt nach einem ersten Verfahren gemäß dem Stand der Technik ausgehend vom glasigen Vorprodukt, da nach erfolgter Keramisierung des Glases eine Verformung im allgemeinen nur über den Umweg über die Schmelze wieder möglich ist.

[0003] Um das Ausgangsglas der Glaskeramik mit den für Glas üblichen Verformungsverfahren wie beispielsweise Schwerkraftsenken oder Vakuumsenken verformen zu können, wird dieses typischerweise auf Temperaturen um 1000° Celsius erhitzt, bei denen Kristallwachstum stattfindet, wenn vorher Keime gebildet worden sind. Beim Erwärmen des Ausgangsglases auf die Zieltemperatur von beispielsweise 1000° Celsius, bei der Kristallwachstum erfolgen kann, muß unvermeidbarerweise der Keimbildungsbereich, in dem kleinste Kristallisationskeime ausgeschieden werden und der zwischen 700° Celsius und 800° Celsius liegt, durchfahren werden.

[0004] Um zu verhindern, daß im kritischen Bereich der Keimbildung eine Keimung, die inhomogen sein kann, einsetzt und die Eigenschaften der aus dem nachfolgenden Keramisierungsprozeß hervorgehenden Glaskeramik negativ beeinflußt werden, oder daß es durch die Vorkeimung im anschließenden Formgebungsverfahren zur Kristallisation kommt und dieses dadurch unmöglich wird, muß der Keimbildungsbereich so schnell als möglich durchfahren werden.

[0005] Die Formgebung bei Gläsern erfolgt ausgehend von einem Glasrohling mit den für Glas üblichen Verformungsverfahren wie beispielsweise Schwerkraftsenken oder Vakuumsenken, in dem der Glasrohling typischerweise auf Temperaturen oberhalb des Erweichungspunktes von beispielsweise 1000°C erhitzt wird.

[0006] Eine schnelle Aufheizung des Glaskeramikrohlinges bzw. des Glasrohlinges kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß leistungsstarke Oberflächenheizungen, wie beispielsweise Gasbrenner, verwendet werden.

[0007] Als Oberflächenheizung werden ganz allgemein solche Heizungen bezeichnet, bei denen mindestens 50% der gesamten Wärmeleistung der Heizquelle in die Oberfläche beziehungsweise oberflächennahen Schichten des zu erwärmenden Objektes eingetragen werden.

[0008] Eine besondere Art einer Oberflächenheizung ist die oben beschriebene Erwärmung mit einer Gasflamme, wobei typischerweise die Flammtemperaturen bei 1000° Celsius liegen. Eine Erwärmung mittels Gasbrenner erfolgt zum größten Teil durch Übertragung der Wärmeenergie des heißen Gases über die Oberfläche des Glaskeramikrohlinges bzw. Glasrohlinges. Hierbei kann sich ein Temperaturgradient ergeben, der die Formgebung z. B. aufgrund von Viskositätsgradienten nachteilig beeinflussen kann. Insbesondere gilt dies für Glasdicken  $\geq 5$  mm.

[0009] Um eine schnelle Durchwärmung des Glas- bzw. Glaskeramikrohlinges mit Hilfe von Wärmeleitung zu erreichen, ist beim Gasbrenner ein hoher Leistungseintrag erforderlich. Eine derartige Erwärmung ist auf kleine Flächen beschränkt, da eine vollflächige Einbringung der erforderlichen Leistungsdichte mit Hilfe von Gasbrennern nicht möglich ist.

[0010] Die Erwärmung mit Gasbrennern ist somit, insbesondere nicht zur Herstellung komplexer 3D-Glaskeramiken geeignet, sondern auf einfache Geometrien beschränkt.

[0011] Weitere Nachteile der Erwärmung mit Gasbrennern sind beispielsweise:

- eine relativ unkontrollierte Beflammung,
- das Eintragen von Störgasen,

die die Materialbeschaffenheit unerwünscht beeinflussen können.

[0012] Eine andere Möglichkeit der Herstellung dreidimensional verformter Glaskeramiken besteht darin, diese während des Keramisierungsprozesses durch Auflegen auf die geeignete Form durchzuführen. Da hierbei jedoch nicht die eigentlich erforderlichen niedrigen Viskositäten auftreten, können zwar komplexe Geometrien geformt werden, jedoch nur mit sehr großen Biegeradien.

[0013] Aus der PCT/FR96/00927 ist die Nachverarbeitung von Glaskeramikvorstufen bekanntgeworden, wobei direkt an der Schmelzwanne das gewalzte Glasband bei Erreichen der erforderlichen Temperatur von hohen Temperaturen herkommend der Formgebung unterzogen wurde, noch bevor der kritische Bereich der Keimbildung bei der Glaskeramik erreicht wurde.

[0014] Nachteilig an dem aus der PCT/FR96/00927 bekannten Verfahren ist der außerordentlich hohe Aufwand, da direkt in den kontinuierlichen Prozeß der Formglasherstellung eingegriffen werden muß. Zudem ist eine vom Wannenbetrieb unabhängige, nachfolgende Formgebung beispielsweise zwischengelagerter Glaskeramikrohlinge nach deren Abkühlung durch erneutes Aufheizen nicht möglich.

[0015] Eine andere Möglichkeit der Herstellung dreidimensional verformter Gläser besteht darin, diese nicht aus einem Glasrohling, sondern bereits während des oder nach dem Schmelzprozeß durch Auflegen auf die geeignete Form durchzuführen.

[0016] So kann Glas direkt an der Schmelzwanne beispielsweise aus einem gewalzten Glasband einer Formgebung unterzogen werden.

[0017] Nachteilig an einem derartigen Verfahren ist, daß die Formgebung des Glases an den Wannenbetrieb gekoppelt ist.

[0018] Als besonderes Problem wurde es empfunden, wenn dekorierte Glasplatten und/oder Glaskeramikplatten umgeformt werden sollen. Bisher war es nur möglich, teildekorierte Glasplatten und/oder Glaskeramikplatten im nicht-dekorierten Bereich umzuformen.

[0019] Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen mittels Verformung aus einem Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling anzugeben, mit dem die zuvor beschriebenen Nachteile überwunden werden. Insbesondere soll das Verfahren folgende Möglichkeiten eröffnen:

- einen vom Wannenbetrieb unabhängigen, beispielsweise nachgeschalteten Betrieb
- komplexe 3D-Verformungen auch mit kleinsten Biegeradien
- weitgehende Vermeidung störender Vorkeramisierung
- weitgehende Vermeidung störender Temperaturgradienten
- dekorierte Glas- oder Glaskeramik-Gegenstände umzuformen

[0020] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einem oberbegrifflichen Verfahren das Formgebungsverfahren unter Einsatz von IR-Strahlung, vorzugsweiser kurzwelliger IR-Strahlung  $< 2,7 \mu\text{m}$  Wellenlänge bzw. kIR-Strahlung, durchgeführt wird. Damit ist es mög-

lich, auch volldekorierte Glaskeramikrohlinge bzw. Glasrohlinge umzuformen. Die Art sowie die Dichte (der sogenannte Belegungsgrad) des Dekors oder dessen Farbe sind hierbei nicht entscheidend. Auch ist es möglich, bereits vorgeformte Rohlinge, somit Vorformlinge, mit einem Dekor zu versehen und die weitere Umformung in einem zweiten Schritt vorzunehmen, und zwar genau in derselben Weise, wie ein nicht-dekoriertes Werkstück.

[0021] In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß die Verformung während des Erweichens eines Glasrohlings erfolgt.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Formgebungsverfahren als Nachverarbeitung eines Glaskeramikrohlinges vor dessen Keramisierung erfolgt. Dies hat den Vorteil, daß das Glas jederzeit offline einer Verformung unterzogen werden kann.

[0023] Alternativ hierzu wäre die Durchführung der Verformung zusammen mit der Keramisierung des Glaskeramikrohlinges.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der der Verformung unterzogene Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling eine Glasplatte ist.

[0025] Als Formgebungsverfahren sind sämtliche üblichen Formgebungsverfahren der Glasverarbeitung denkbar, beispielsweise das Verformen mittels Schwerkraftabsenkung, das durch Vakuum unterstützt sein kann. Man spricht dann von Vakuumsenken. Alternativ hierzu kann das Absenken in die Form mit Hilfe eines Pressstempels oder mit Hilfe des Einblasens von Luft erfolgen.

[0026] Neben einem Formgebungsprozeß durch Absenken in eine Form kann alternativ oder kombiniert mit dem Absenkungsprozeß eine gerichtete IR-Bestrahlung des zu formenden Glas- oder Glaskeramikrohlinges erfolgen, wodurch eine gezielte zonenweise Erwärmung und damit Formgebung vorgenommen werden kann.

[0027] Unterstützend oder alternativ zu einer gerichteten IR-Strahlung, können gezielt bestimmte Bereiche des Rohlinges durch Einbringen von entsprechend ausgestalteten Blenden erwärmt oder im Kalten gehalten werden.

[0028] Besonders bevorzugt ist es, wenn das gesamte Formgebungsverfahren in einem IR-Strahlungshohlraum durchgeführt wird und die Erwärmung mit Hilfe von IR-Strahlern als Strahlungsquellen erfolgt.

[0029] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Erwärmung des Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges zum einen Teil direkt mit IR-Strahlung der IR-Strahler erfolgt und zum anderen Teil indirekt durch von den Wänden, der Decke und/oder dem Boden des IR-Strahlungshohlraumes reflektierte beziehungsweise rückgestreute IR-Strahlung.

[0030] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Anteil der indirekten, d. h. der rückgestreuten bzw. reflektierten Strahlung, die auf den zu erwärmenden Glas- bzw. Glaskeramikrohling einwirkt, mehr als 50%, bevorzugt mehr als 60%, bevorzugt mehr als 70%, besonders bevorzugt mehr als 80%, besonders bevorzugt mehr als 90%, insbesondere mehr als 98% der Gesamtstrahlungsleistung beträgt.

[0031] Zur Homogenisierung der Temperatur kann eine Vorerwärmung beispielsweise in einem konventionellen Ofen vorgenommen werden.

[0032] Auch die Nacherwärmung eines geformten Glases bzw. einer geformten Glaskeramik ist denkbar.

[0033] Neben dem Verfahren stellt die Erfindung auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Verfügung, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, daß sie einen IR-Strahlungshohlraum mit die IR-Strahlung reflektierenden Wänden, Decke und/oder Boden umfaßt, wobei eine Vielzahl von IR-Strahlern im IR-Strahlungshohlraum

angeordnet sind.

[0034] IR-Strahlungshohlräume zeigen beispielsweise die US-A-4789771 sowie die EP-A-0 133 847, deren Offenbarungsgehalt in die vorliegende Anmeldung vollumfänglich miteinbezogen wird. Vorzugsweise beträgt der Anteil der von den Wandflächen, dem Boden und/oder der Decke reflektierten und/oder gestreuten Infrarot-Strahlung mehr als 50% der auf diese Flächen auftreffenden Strahlung.

[0035] Besonders bevorzugt ist es, wenn der Anteil der von den Wandflächen, dem Boden und/oder der Decke reflektierten und/oder gestreuten Infrarot-Strahlung mehr als 90%, insbesondere mehr als 98%, beträgt.

[0036] Ein besonderer Vorteil der Verwendung eines IR-Strahlungshohlraumes ist, daß es sich bei Verwendung von sehr stark reflektierenden und/oder rückstreuenden Wand-, Boden- und/oder Deckenmaterialien um einen Resonator hoher Güte Q handelt, der nur mit geringen Verlusten behaftet ist und daher eine hohe Energieausnutzung gewährleistet.

[0037] Bei der Verwendung diffus rückstreuender Wand-, Decken- und/oder Bodenmaterialien wird eine besonders gleichmäßige Durchstrahlung aller Volumenelemente des Hohlraumes unter allen Winkeln erreicht. Damit werden etwaige Abschattungseffekte bei komplex geformten Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen vermieden.

[0038] Als rückstreuendes, d. h. remittierendes Wandmaterial können beispielsweise geschliffene Quarzal-Platten mit beispielsweise einer Dicke von 30 mm Verwendung finden.

[0039] Auch andere die IR-Strahlung rückstreuende Materialien sind als Wand-, Decken- und/oder Bodenmaterialien oder Beschichtungen des IR-Strahlungshohlraumes möglich, beispielsweise eines oder mehrere der nachfolgenden Materialien:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{BaF}_2$ ;  $\text{BaTiO}_3$ ;  $\text{CaF}_2$ ;  $\text{CaTiO}_3$ ;

$\text{MgO}$  3,5  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{MgO}$ ,  $\text{SrF}_2$ ;  $\text{SiO}_2$ ;

$\text{SrTiO}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ ; Spinell; Cordierit;

Cordierit-Sinterglaskeramik.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen die IR-Strahler eine Farbtemperatur größer als 1500 K, besonders bevorzugt größer als 2000 K, ganz bevorzugt größer als 2400 K, insbesondere größer als 2700 K, insbesondere bevorzugt größer als 3000 K auf.

[0041] Um eine Überhitzung der IR-Strahler zu vermeiden sind diese vorteilhafterweise gekühlt, insbesondere luft- oder wassergekühlt.

[0042] Zur gezielten Erwärmung des Glases bzw. der Glaskeramik beispielsweise mit Hilfe gerichteter Strahler ist vorgesehen, daß die IR-Strahler einzeln ausschaltbar, insbesondere in ihrer elektrischen Leistung regelbar sind.

[0043] Die Erfindung soll nachfolgend beispielhaft anhand der Figuren sowie der Ausführungsbeispiele beschrieben werden.

[0044] Es zeigen:

[0045] Fig. 1 die Planck-Kurve eines möglichen IR-Strahlers mit einer Temperatur von 2400 K.

[0046] Fig. 2A den prinzipiellen Aufbau einer Heizvorrichtung gemäß der Erfindung mit Strahlungshohlraum.

[0047] Fig. 2B die Remissionskurve über der Wellenlänge von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Sintox AL der Fa. Morgan Matroc, Troisdorf, mit einem Remissionsgrad > 95%, über einen weiten Spektralbereich > 98%, im IR-Wellenlängenbereich.

[0048] Fig. 3A die Aufheizkurve eines zu formenden Glaskeramikrohlinges in einer Heizvorrichtung umfassend einen IR-Strahlungshohlraum.

[0049] Fig. 3B die Aufheizkurve eines zu formenden Glasrohlinges in einer Heizvorrichtung umfassend einen IR-Strahlungshohlraum.

[0050] Fig. 4A + B Verformung eines Glaskeramikroh-

lings und/oder Glasrohlinges mit Schwerkraftsenken.

[0051] Fig. 5A + B Verformung eines Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges mit Vakuumsenken.

[0052] Fig. 6A + B Verformung eines Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges mit Senken, unterstützt durch ein Preßwerkzeug.

[0053] Fig. 7A + B Verformung eines Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges mit Senken unterstützt durch Überdruck.

[0054] Fig. 8 Verformung eines Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges durch gerichtete IR-Strahler

[0055] Fig. 9 Verformung eines Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges in einem IR-Strahlungshohlraum mit Blende.

[0056] Fig. 1 zeigt die Intensitätsverteilung einer IR-Strahlungsquelle, wie sie zur Erwärmung eines Glas- oder Glaskeramikrohlinges für eine komplexe Formgebung gemäß der Erfindung verwendet werden kann. Die zur Anwendung gelangenden IR-Strahler können lineare Halogen IR-Quarzrohrstrahler mit einer Nennleistung von 2000 W bei einer Spannung von 230 V sein, welche bevorzugt eine Farbtemperatur von 2400 K besitzen. Diese IR-Strahler haben entsprechend dem Wienschen Verschiebungsgesetz ihr Strahlungsmaximum bei einer Wellenlänge von 1210 nm.

[0057] Bei dem erfindungsgemäßen Formgebungsverfahren befinden sich die Heizeinrichtung und das Glühgut beziehungsweise der zu formende Glas- oder Glaskeramikrohling in einem mit IR-Strahlern bestückten IR-Strahlungshohlraum. Das setzt voraus, daß die Quarzglasstrahler selbst genügend temperaturbeständig oder entsprechend gekühlt sind. Das Quarzglasrohr ist bis etwa 1100° Celsius einsetzbar. Bevorzugt ist es, die Quarzglasrohre erheblich länger auszubilden als die Heizwendel und aus dem Heißbereich herauszuführen, so daß die Anschlüsse im Kaltbereich sind, um die elektrischen Anschlüsse nicht zu überhitzen. Die Quarzglasrohre können mit und ohne Beschichtung ausgeführt sein.

[0058] In Fig. 2A ist eine erste Ausführungsform einer Heizvorrichtung für ein Formgebungsverfahren gemäß der Erfindung mit einem IR-Strahlungshohlraum dargestellt.

[0059] Die in Fig. 2A dargestellte Heizvorrichtung umfaßt eine Vielzahl von IR-Strahlern 1, die unterhalb eines Reflektors 3 aus stark reflektierendem bzw. stark rückstreuendem Material angeordnet sind. Durch den Reflektor 3 wird erreicht, daß die vom IR-Strahler in andere Richtungen abgegebene Leistung auf den Glas- bzw. Glaskeramikrohling gelenkt wird. Die von den IR-Strahlern abgegebene IR-Strahlung durchdringt teilweise den in diesem Wellenlängenbereich semitransparenten Glaskeramikrohling 5 bzw. Glasrohling 5 und trifft auf eine Trägerplatte 7 aus stark reflektierendem beziehungsweise stark streuendem Material. Besonders geeignet hierfür ist Quarzal, das auch im Infraroten ungefähr 90% der auftreffenden Strahlung reflektiert. Alternativ hierzu könnte auch  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Verwendung finden, das einen Reflexionsgrad von ungefähr 98% aufweist. Auf die Trägerplatte 7 wird der Glaskeramikrohling 5 bzw. Glasrohling 5 mit Hilfe von beispielsweise Quarzal- oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Streifen 9 aufgesetzt. Die Temperatur der Unterseite kann durch ein Loch 11 in der Trägerplatte mittels eines Pyrometers gemessen werden.

[0060] Die Wände 10 können zusammen mit Reflektor 3 als Decke und Trägerplatte 7 als Boden bei entsprechender Ausgestaltung mit reflektierendem oder diffus rückstreuendem Material bzw. Quarzal oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  einen IR-Strahlungshohlraum hoher Güte ausbilden.

[0061] Fig. 3A zeigt die Heizkurve eines umzuformenden Glaskeramikrohlinges gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei der umzuformende Glaskeramikrohling

Abmessungen von etwa 200 mm bei einer Dicke von 4 mm aufwies.

[0062] Fig. 3B zeigt die Heizkurve eines umzuformenden Glasrohlinges gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei die zu formende Glasprobe Abmessungen von etwa 200 mm bei einer Dicke von 4 mm aufwies.

[0063] Das Heizverfahren beziehungsweise die Wärmebehandlung erfolgte wie nachfolgend beschrieben:

Die Erwärmung der umzuformenden und gegebenenfalls im Anschluß zu keramisierenden Glaskeramikrohlingen bzw. der zu formenden Glasrohlinge erfolgte zunächst in einem mit Quarzal umbauten IR-Strahlungshohlraum gemäß Fig. 2A, dessen Decke durch einen Aluminiumreflektor mit darunter befindlichen IR-Strahlern gebildet wurde. Die Proben wurden in geeigneter Art und Weise auf Quarzal gelagert. [0064] Im IR-Strahlungshohlraum wurden die Glas- bzw. Glaskeramikrohlinge durch mehrere Halogen IR-Strahler direkt angestrahlt, die sich in einem Abstand von 10 mm bis 150 mm über den umzuformenden Glas- bzw. Glaskeramikrohlingen befanden.

[0065] Das Aufheizen des jeweiligen Glaskeramikrohlinges bzw. Glasrohlinges fand nunmehr mittels Ansteuerung der IR-Strahler über einen Thyristorsteller auf Grundlage von Absorptions-, Reflexions- und Streuprozessen statt, wie nachfolgend eingehend beschrieben:

Da die Absorptionslänge der verwendeten kurzwelligen IR-Strahlung im Glas sehr viel größer ist als die Abmessungen der zu erwärmenden Gegenstände, wird der größte Teil der auftreffenden Strahlung durch die Probe hindurchgelassen. Da andererseits die absorbierte Energie pro Volumen an jedem Punkt des Glases nahezu gleich ist, wird eine über das gesamte Volumen homogene Erwärmung erzielt. Bei dem Versuch gemäß Fig. 3A und 3B für die umzuformende Glaskeramik bzw. Glasprobe befinden sich die IR-Strahler und der zu erwärmende Glas- bzw. Glaskeramikrohling in einem Strahlungshohlraum, dessen Wände, Boden und/oder Decke aus einem Material mit einer Oberfläche hoher Reflektivität bestehen, wobei zumindest ein Teil der Wand-, Boden und/oder Deckenfläche die auftreffende Strahlung überwiegend diffus zurückstret. Dadurch gelangt der überwiegende Teil der zunächst von dem Glas- bzw. Glaskeramikrohling hindurchgelassenen Strahlung nach Reflexion beziehungsweise Streuung an der Wand, Boden und/oder Decke erneut in den zu erwärmenden Gegenstand und wird wiederum teilweise absorbiert. Der Weg der auch beim zweiten Durchgang durch den Glas- bzw. Glaskeramikrohling hindurchgelassenen Strahlung setzt sich analog fort. Mit diesem Verfahren wird nicht nur eine in der Tiefe homogene Erwärmung erreicht, sondern auch die eingesetzte Energie deutlich besser als bei nur einfachem Durchgang durch den Glas- bzw. Glaskeramikrohling ausgenutzt.

[0066] In Fig. 4A und 4B ist der Aufbau für eine Formgebung eines Glas- bzw. Glaskeramikrohlinges 5 in einem IR-Strahlungshohlraum mit IR-Heizstrahlern 1 mit Hilfe von Schwerkraftsenken dargestellt.

[0067] Die IR-Strahler 1 sind im Strahlungshohlraum oberhalb des zu formenden Glaskeramikrohlinges 5 bzw. Glasrohlinges 5 angeordnet. Oberhalb der IR-Strahler 1 befinden sich Reflektoren 3.

[0068] Die IR-Strahler 1 erwärmen den Glaskeramikrohling 5 bzw. Glasrohling 5 von der Oberseite. Die Form 50, in die der Rohling 5 sinkt, ist mit IR-reflektierendem Material ebenso wie die Wände 10 des IR-Strahlungshohlraumes beschichtet. Die auf die Wände 10 beziehungsweise die Form 50 auftreffende IR-Strahlung wird zu einem Anteil von mehr als 50%, vorzugsweise 90 bzw. 95%, besonders bevorzugt 98% reflektiert. Die zurückreflektierte Strahlung erwärmt beim nochmaligen Durchgang wiederum den Glasker-

ramikrohling bzw. den Glasrohling.

[0069] Wird eine bestimmte Temperatur in dem Glaskeramikrohling bzw. Glasrohling überschritten, so senkt sich der erwärmte Glaskeramikrohling bzw. Glasrohling in die Form 50 aufgrund seiner Schwerkraft ab wie in Fig. 4B dargestellt.

[0070] Bei Glaskeramikrohlingen kann der Formgebungsprozeß sowohl vor der Keramisierung durchgeführt werden oder aber auch zusammen mit dem Keramisierungsprozeß.

[0071] Nach Abschluß des Formgebungsprozesses wird das geformte Glas- bzw. Glaskeramikteil nach Abstellen der Beheizung mittels der IR-Strahler aus der Form entnommen.

[0072] Eine Nachbeheizung im Ofen ist denkbar.

[0073] Der Formungsprozeß kann durch Anlegen von Vakuum, wie in den Fig. 5A und 5B dargestellt, unterstützt werden.

[0074] Hierzu ist vorgesehen, unterhalb des zu formenden Glaskeramikrohlinges 5 bzw. Glasrohlinges 5 in der Form einen Vakuumanschluß 52 vorzusehen.

[0075] Die Schwerkraftabsenkung nach Erwärmung durch die IR-Strahler wird durch Anlegung eines Vakuums unterstützt.

[0076] Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, wie in Fig. 6A und 6B dargestellt, den Verformungsprozeß mit einem Pressstempel 54 zu unterstützen. Hierzu werden vorteilhafterweise nach Erwärmung der Platte die IR-Strahler, die sich oberhalb der zu erwärmenden Platte befinden, verfahren und anschließend mit Hilfe des Presswerkzeuges beziehungsweise Pressstempels 52 die erwärmte Platte 5 in die Form abgesenkt.

[0077] Alternativ zum Verfahren der IR-Strahler, könnte auch die Form mit der erwärmten Platte verfahren werden.

[0078] Anstelle eines Absenkens mit einem Pressstempel 54 kann wie in Fig. 7A und 7B dargestellt, vorgesehen sein, durch Einblasen eines Überdruckes mit Hilfe eines Blaskwerkzeuges 56 die erwärmte Platte in die Form zu bringen.

[0079] In Fig. 8 ist die selektive Aufheizung eines Glaskeramikrohlinges bzw. Glasrohlinges mit Hilfe von gerichteten IR-Strahlern 100 gezeigt.

[0080] Durch eine derart gerichtete Aufheizung können die Verformungsprozesse in ganz bestimmten Bereichen des zu formenden Glaskeramikrohlinges bzw. Glasrohlinges in Gang gesetzt werden. Durch Einzelansteuerung der gerichteten IR-Strahler 100 ist es möglich, über eine Fläche verteilt Temperaturprofile in dem zu formenden Glaskeramikrohling bzw. Glasrohling herzustellen und so der Glaskeramik bzw. dem Glas eine beliebige, vorbestimmte Form zu geben.

[0081] Anstelle von gerichteten und einzeln angesteuerten IR-Strahlern können auch Blenden 102 vorgesehen sein, die zwischen die IR-Strahler 1 und die Oberseite der zu erwärmenden Platte 5 eingebracht werden.

[0082] Eine derartige Ausgestaltung der Erfindung ist in Fig. 9 dargestellt.

[0083] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Materialtemperaturen im Bereich von 1150 Grad Celsius bis 1200 Grad Celsius und darüber erreicht, wobei sich auch erreichen läßt, daß die Temperaturinhomogenität im Werkstück vor dem Formgebungsprozess +/- 10 K nicht überschreitet.

[0084] Bei der Entnahme des geformten Glaskeramikteiles bzw. Glasteiles beträgt die Temperatur der geformten Glaskeramik bzw. des geformten Glases vorzugsweise weniger als 250 Grad Celsius, die Abkühlgeschwindigkeit der Glaskeramik bzw. des Glases bei ausgeschaltetem Strahler liegt vorzugsweise oberhalb von 150 Grad Celsius pro Minute.

[0085] Die Aufheizung eines Glaskeramik- bzw. Glasrohlinges mit Hilfe der IR-Strahlungsmethode dauert vorzugsweise weniger als 60 Sekunden, und die Kühlung vorzugsweise weniger als 180 Sekunden. Die Kühlung kann sowohl außerhalb wie innerhalb des Aggregates erfolgen. Damit lassen sich Taktzeiten von 60 sec bei Kühlung außerhalb des Aggregates und von weniger als 5 min bei Kühlung innerhalb des Aggregates erreichen.

[0086] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens können beispielsweise rinnenförmige Bauteile mit einem Kreisbogenquerschnitt von  $r$  kleiner als 150 mm bei einer Weite des Bauteiles kleiner 200 mm realisiert werden sowie beispielsweise rinnenförmige Bauteile aus Glaskeramik bzw. Glas mit rechteckigem beziehungsweise trapezförmigem Querschnitt geformt werden.

[0087] Auch komplexe Verformungen dreidimensionaler Art sind möglich.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Glaskeramikteilen und/oder Glasteilen mittels Verformung aus einem Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formgebungsverfahren unter Einsatz von IR-Strahlung durchgeführt wird, und daß der Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling vor der IR-Bestrahlung dekoriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahlung kurzwellige IR-Strahlung, vorzugsweise mit einer Wellenlänge kürzer als  $2,7 \mu\text{m}$  ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren als Nachverarbeitung eines Glaskeramikrohlinges vor dessen Keramisierung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren zusammen mit der Keramisierung eines Glaskeramikrohlinges erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Glaskeramikrohling und/oder der Glasrohling eine Glasplatte ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren während des Erweichens eines Glasrohlinges erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren Schwerkraftsenken umfaßt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren Vakuumsenken umfaßt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren das Senken mit Pressstempel umfaßt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren Blassenken umfaßt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren eine gerichtete IR-Bestrahlung des zu formenden Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges umfaßt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren die Verwendung von zwischen den IR-Strahlern und dem Glas- oder Glaskeramikrohling angebrachten Blenden umfaßt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, da-

durch gekennzeichnet, daß das Formgebungsverfahren in einem IR-Strahlungshohlraum durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsbeheizung mit Hilfe von im Strahlungshohlraum angeordneten IR-Strahlern durchgeführt wird. 5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung des Glaskeramikrohlinges und/oder Glasrohlinges zum einen Teil direkt mit IR-Strahlung der IR-Strahler erfolgt und zum anderen Teil indirekt durch von den Wänden, der Decke und/oder dem Boden des IR-Strahlungshohlraumes reflektierte bzw. rückgestreute IR-Strahlung. 10

16. Verfahren, nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling vorgewärmt wird. 15

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Glaskeramikrohling und/oder Glasrohling in einem konventionellen Ofen vorgewärmt wird. 20

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Glaskeramik und/oder das Glas nach der Formgebung nachbeheizt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Glaskeramik und/oder das Glas in einem konventionellen Ofen nachbeheizt wird. 25

20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung umfaßt:

20.1 eine Einrichtung zum Aufbringen eines Dekors auf den Glaskeramikrohling und/oder den Glasrohling; 30

20.2 einen IR-Strahlungshohlraum mit die IR-Strahlung reflektierenden bzw. rückstreuenden Wänden und/oder Decke und/oder Boden, 35

20.3 einen oder mehrere IR-Strahler.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektivität bzw. das Rückstreuvermögen der Wände und/oder Decke und/oder Boden mehr als 50% der auftreffenden Strahlung beträgt. 40

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektivität bzw. das Rückstreuvermögen der Wände und/oder Decke und/oder Boden mehr als 90% bzw. 95%, insbesondere mehr als 98% der auftreffenden Strahlung beträgt. 45

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Wand und/oder der Decke und/oder des Bodens diffus rückstreuend ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierenden bzw. rückstreuenden Wände und/oder Decke und/oder Boden eines oder mehrere der nachfolgenden Materialien umfassen: 50

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{BaF}_2$ ;  $\text{BaTiO}_3$ ;  $\text{CaF}_2$ ;  $\text{CaTiO}_3$ ; 55

$\text{MgO} \cdot 3,5 \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{SrF}_2$ ;  $\text{SiO}_2$ ;

$\text{SrTiO}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ ; Spinell; Cordierit;

Cordierit-Sinterglaskeramik.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahler eine Farbtemperatur größer als 1500 K, besonders bevorzugt größer als 2000 K, ganz bevorzugt größer als 2400 K, insbesondere größer als 2700 K, insbesondere bevorzugt größer als 3000 K aufweisen. 60

26. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahler gekühlt, insbesondere luft- oder wassergekühlt sind. 65

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26,

dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahler einzeln ansteuerbar und in ihrer elektrischen Leistung regelbar sind.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig.1

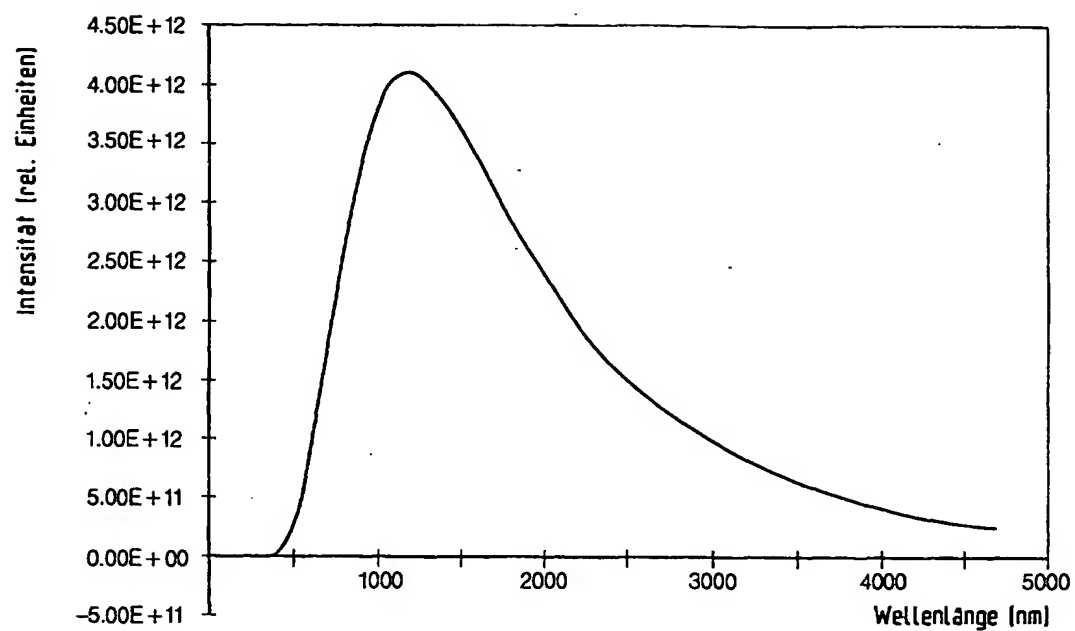


Fig.2A

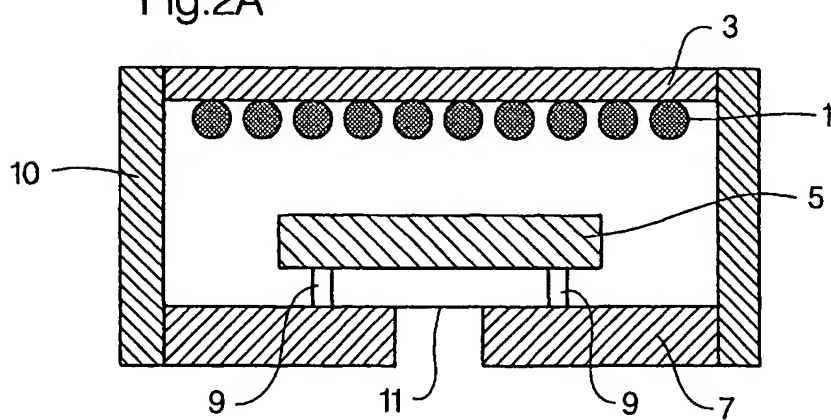
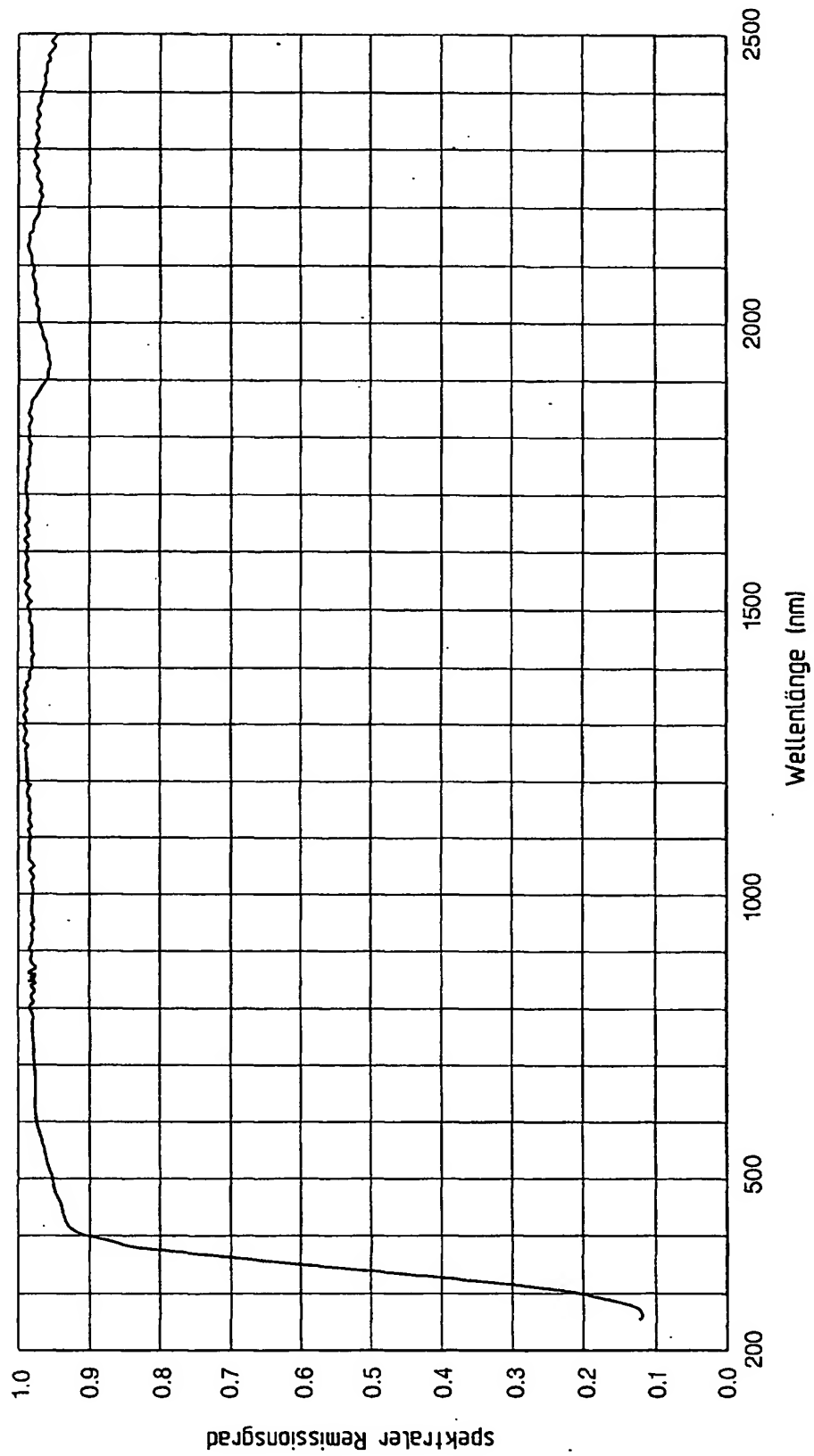




Fig.2B



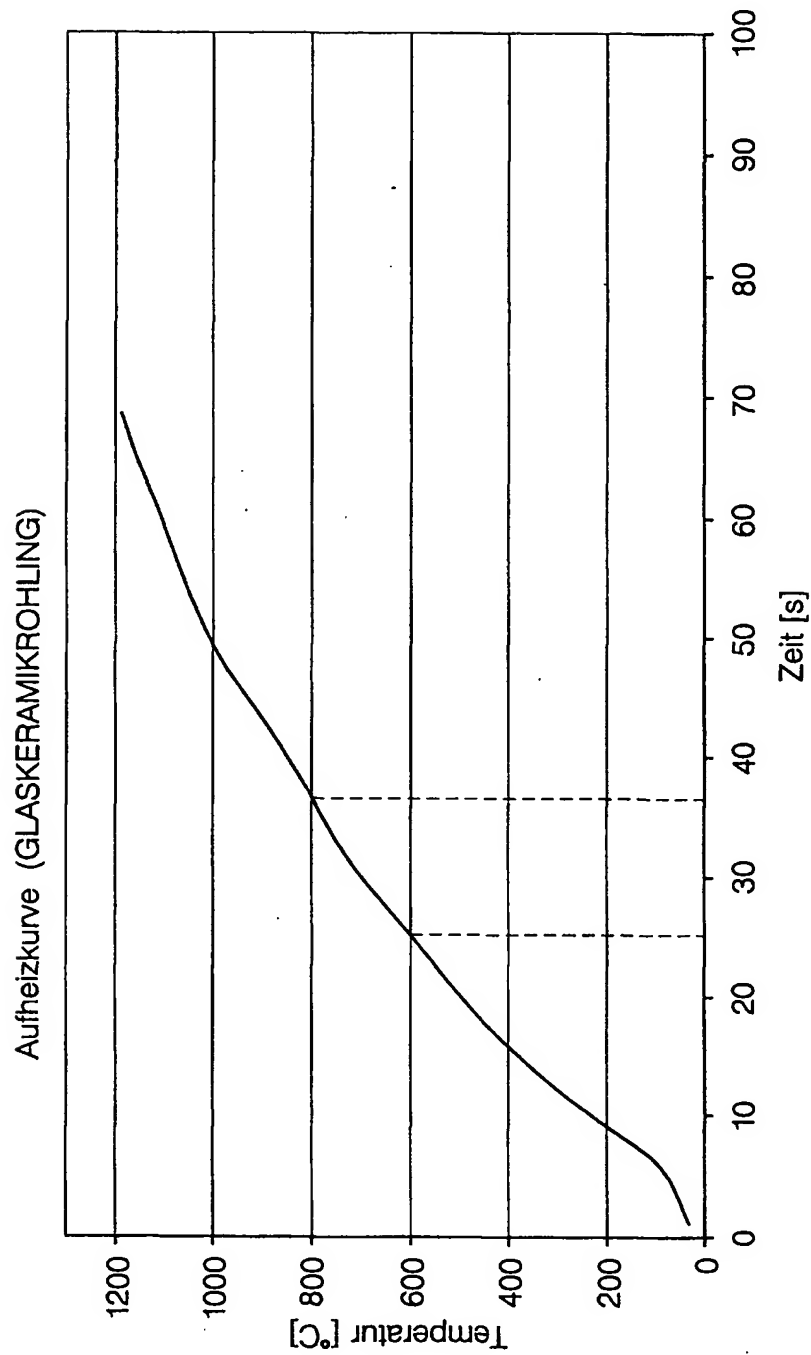


Fig.3A

Aufheizkurve (GLASKERAMIKROHLING)

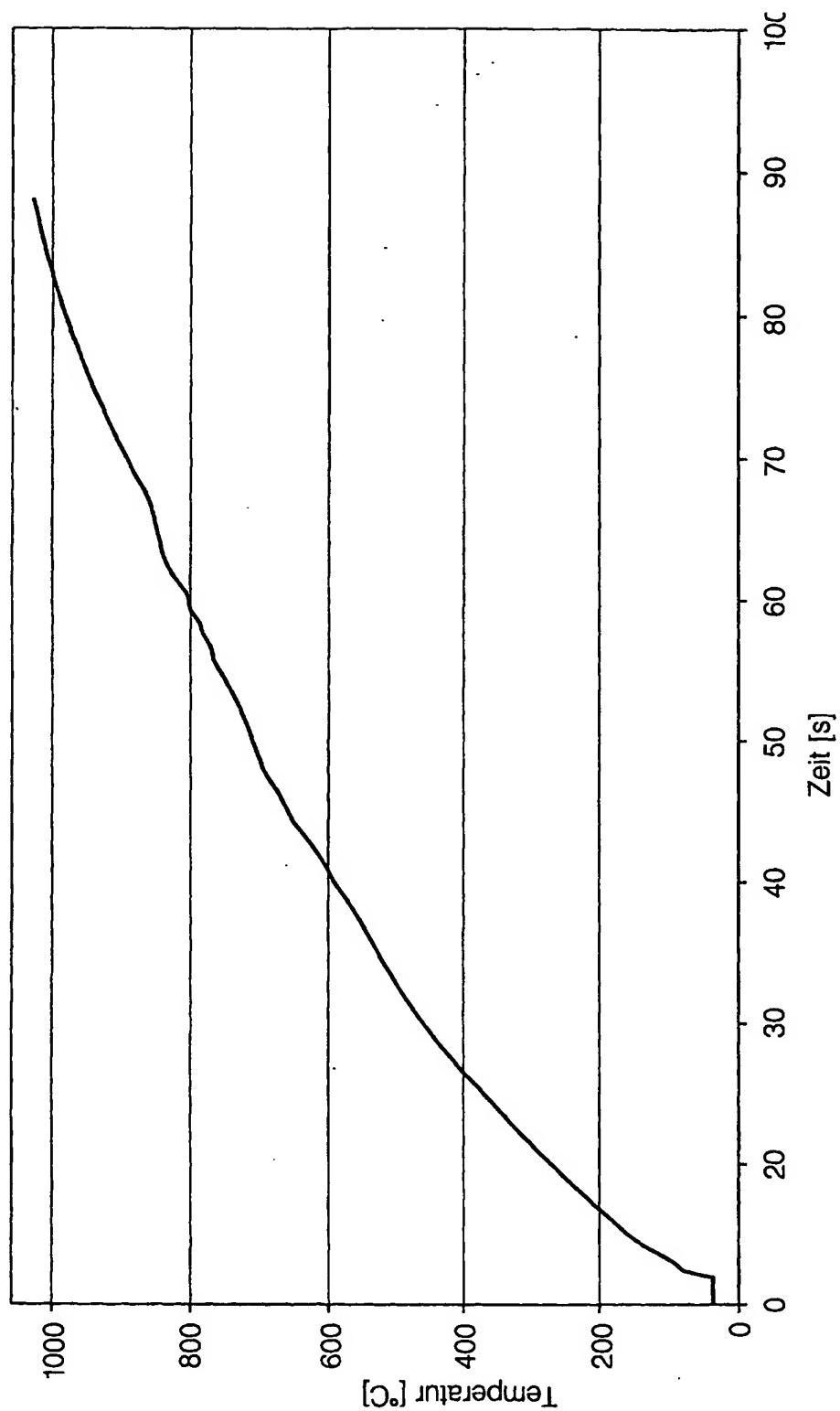


Fig.3B

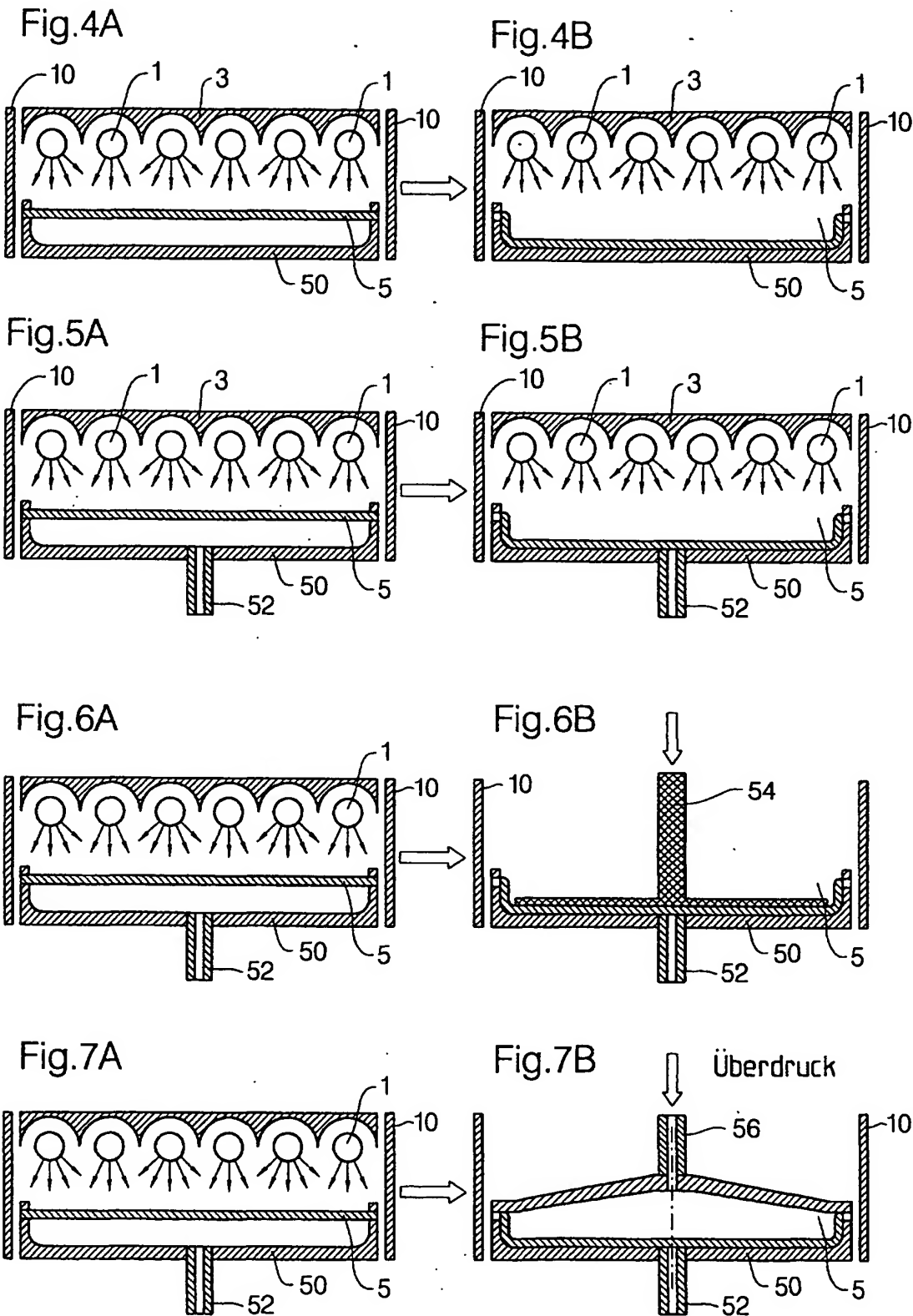


Fig.8

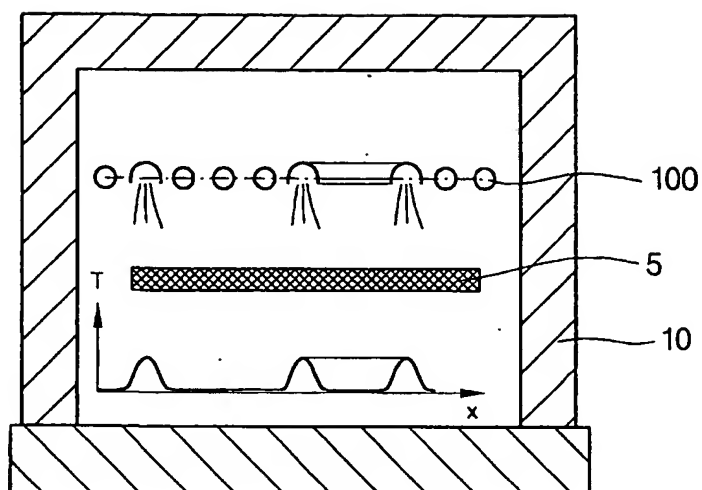


Fig.9

